

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4305163号
(P4305163)

(45) 発行日 平成21年7月29日 (2009. 7. 29)

(24) 登録日 平成21年5月15日 (2009. 5. 15)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 1 C 23/00 (2006. 01)

B 2 1 C 23/00 Z

B 2 1 C 23/03 (2006. 01)

B 2 1 C 23/03

B 2 1 C 23/14 (2006. 01)

B 2 1 C 23/14

B 2 1 C 29/00 (2006. 01)

B 2 1 C 29/00

B 2 9 C 43/16 (2006. 01)

B 2 9 C 43/16

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-421551 (P2003-421551)
 (22) 出願日 平成15年11月18日 (2003. 11. 18)
 (65) 公開番号 特開2005-992 (P2005-992A)
 (43) 公開日 平成17年1月6日 (2005. 1. 6)
 審査請求日 平成18年10月30日 (2006. 10. 30)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-174091 (P2003-174091)
 (32) 優先日 平成15年5月16日 (2003. 5. 16)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 503220875
 水沼 晋
 千葉県八千代市大和田新田 4 6 9 番地 1 9
 6
 (72) 発明者 水沼 晋
 千葉県八千代市大和田新田 4 6 9 番地 1 9
 6
 審査官 福島 和幸

(58) 調査した分野 (Int. Cl., DB 名)
 B 2 1 C 2 3 / 0 0

(54) 【発明の名称】 材料の偏熱ねじり押出し法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料をプッシャーで押し込み、ダイスを押し出し軸の周りに回転させながら、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり前方押出し加工法。

【請求項 2】

底部を有するコンテナ内に装填された材料を、先端が中空の穴を有するダイス、となっている中空のプッシャーで押し込み、ダイス穴から材料を押し込み方向と逆方向へ押し出すとともに、コンテナを押し出し軸方向および回転方向に固定し、中空プッシャーを押し出し軸の周りに回転させる加工において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり後方押出し法。

【請求項 3】

回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料をプッシャー圧力 P 1 で押し込み、コンテナ内面と同形状で同横断面積の穴を有する回転ダイスを通過させる加工において、ダイスの出側からもプッシャーで材料の進行を妨げない程度の背圧 P 2 をかけるとともに、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で押し出し加工することを特徴とするねじり両押し押し出し加工法。

【請求項 4】

回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料に押し込み力を及ぼし、コンテナ出口において材料を把持して回転させながら、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

【請求項 5】

材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナとダイスの両者を回転しないように架台に固定し、ダイスによる減面加工を行うとともに、ダイスの出側に配置した把持回転装置により出側材料を出側材料の軸心の回りに回転させる加工法において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

10

【請求項 6】

材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナと第 1 のダイスの両者を回転しないように架台に固定し、第 1 のダイスの出口側に第 2 のダイスを付加し、この第 2 のダイスを回転しながら、第 1 のダイスと第 2 のダイスとともに減面加工を行う加工法において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

【請求項 7】

材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナとダイスの両者を回転しないように架台に固定し、ダイスの出口側に材料の把持回転装置を配置し、コンテナ内の材料の軸心が、ダイスおよび把持回転装置の軸心と平行であるが一致しないように構成しておき、この把持回転装置を回転させながら、ダイスによる減面押し出し加工を行う方法において、コンテナ内の材料の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工を行うことを特徴とする非軸対称ねじり前方押し出し加工法。

20

【請求項 8】

回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料に押し込み力を及ぼし、コンテナ出口において材料を把持して回転させながら、コンテナ内の材料の横断面内の温度の分布がほぼ均一である状態で加工することを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

【請求項 9】

材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナとダイスの両者を回転しないように架台に固定し、ダイスによる減面加工を行うとともに、ダイスの出側に配置した把持回転装置により出側材料を出側材料の軸心の回りに回転させる加工法において、コンテナ内の材料の横断面内の温度の分布がほぼ均一である状態で加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

30

【請求項 10】

材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナと第 1 のダイスの両者を回転しないように架台に固定し、第 1 のダイスの出口側に第 2 のダイスを付加し、この第 2 のダイスを回転しながら、第 1 のダイスと第 2 のダイスとともに減面加工を行う加工法において、コンテナ内の材料の横断面内の温度の分布がほぼ均一である状態で加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法。

40

【請求項 11】

回転するコンテナ内に装填された材料をプッシャーで押し込み、回転しないダイスで変形させる前方押し出し加工において、横断面内温度分布が不均一な材料を用いることを特徴とする方法。

【請求項 12】

底部を有し回転するコンテナ内に装填された材料を、先端が中空の穴を有するダイスとなっている回転しない中空のプッシャーで押し込み、ダイス穴から材料を押し込み方向と逆方向へ押し出すねじり後方押し出し加工において、横断面内温度分布が不均一な材料を用いることを特徴とする方法。

50

【請求項 13】

回転するコンテナ内に装填された材料をプッシャーで圧力 P 1 で押し込み、コンテナ内面と同形状で同横断面積の穴を有する回転しないダイスを通してねじり前方押し加工において、ダイスの出側からも材料の進行を妨げない程度の背圧 P 2 をかけるとともに、横断面内温度分布が不均一な材料を用いることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細なミクロ組織を有する材料（金属、高分子など）を製造するために、固体状の材料、粉末材料あるいは異種金属の混合体に熱間あるいは冷間で非常に大きな加工ひずみを加える方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

通常、金属材料は原料を溶解精錬しこれを鑄造し、さらに加工成形することにより最終製品形状にする。これには、大別して2種類あり、熱間加工後冷却して製品とする熱間加工製品と、これをさらに冷間で加工成形した冷間加工製品である。

【0003】

これらのいずれの方法においても、金属材料に加えられる加工量は製品の材質に大きく影響することが知られている。圧延、鍛造などの加工は、特に、結晶粒などのミクロ組織を微細にする上で有効であり、鉄鋼材料、アルミニウム材料など多くの金属材料でこの方法が使用されている。これは、金属材料の結晶粒が微細であるほど優れた機械的性質が得られるからである。

20

【0004】

熱間加工製品においては、高温で加工した場合、加工ひずみ速度を大きくし大きなひずみを加えることにより金属材料は動的再結晶状態になり、ひずみ速度が大きいほど結晶粒が小さくなる。低温で加工した場合は、セル状に転位が堆積し、転位の再配列により微細な結晶粒になる。また、冷間加工製品では冷間における加工量が大きいほどその後続く焼鈍を行った場合の再結晶粒の大きさを小さくできる。

【0005】

一方、粉末材料には物理的、化学的に高機能を持っているものが多いが、これらを工業的に利用するためには、固体状、望ましくは相対密度が100%に近いことが要請されている。そのために、高温で圧密加工を行うことができるHIP (Hot Isostatic Pressing) やホットプレスが多用されている。

30

【0006】

しかし、より高密度化するためにはより高温が必要であるという事情から、機能性を損なわないで、100%に近い相対密度が達成されている例は少ないようである。特に、MA (Mechanical Alloying) 粉のように粒内の結晶粒サイズがミクロン以下のレベルにまで微細化された粉末はきわめて固化しにくく、低温での固化技術が開発されることが強く望まれている。このためにもせん断ひずみなどの大ひずみを加えることが有効であると予想されている。

40

【0007】

さらに、MAの一種であるが、2種以上の任意組成の金属あるいは金属粒子の混合体に対して非常に大きい変形を加えるとこれらが混合され、異種金属同士がナノメータのオーダーにまで近づくことが可能になる。この変形による混合と同時に空隙部体積が0に近づくバルク状の固体材料となり、新規な合金の製造につながる。

また、高分子材料においても高圧で大きいねじりをくわえることにより微細な組織材料を得ることができる。

【0008】

以上のように、大ひずみを加える手段は結晶粒の微細化、粉末材料の固化、異種金属の混合あるいはその他の物質の微細組織化に対して有効であるが、従来の加工手段、例えば

50

圧延や鍛造あるいはHIPやホットプレスのみではその加え得る変形量に限界があった。

【0009】

筆者は、従来のひずみを大幅に超える大ひずみを達成する方法として、押出し加工とねじり加工を組み合わせたねじり押出し法をすでに開発している（特願2003-174091）。その方法の1例を以下で説明する。

【0010】

その方法は、図2に示したように、コンテナ3内に装填された材料1をプッシャー4で押し込み、ダイス2で変形させる前方押し出し法において、コンテナ3あるいはダイス2の一方を固定し、他方を押し出し軸aの周りに回転させながらプッシャーにより押し出し加工を行うねじり前方押し出し加工法である。図2はコンテナを回転させる場合である。材料1-1はコンテナ内の材料1の内のプッシャー側、1-2は押し出し変形を受けたダイス内の材料部分である。1-1の材料と1-2の材料が相対的に回転することによって、その境界の波線Aで囲まれた材料部分がねじり変形を受けるのである。

10

【0011】

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

上記ねじり押し出し加工法は、材料の熱間加工や冷間加工に容易に適用でき、相当ひずみで10以上の大ひずみが達成できる。そのため、固体状の材料はその内部組織が非常に微細になる。粉末材料の場合には、密度が著しく向上し、真密度に近いものが得られる。また、異種金属の混合体の均一混合が可能になる。

20

【0013】

この方法ではひずみの大部分をねじりによって得ているので、原理的には材料軸線上にひずみの小さい領域が存在する。この部分を図3の破線で示したB領域内に実線の長方形で示した。この実線部分は実際には軸線aの一部を含む細い円柱状の領域である（直径をdとする）。材料の単位長さあたりのねじり回数を多くすればするほど材料に加えるひずみがどんどん大きくなり、相対的に材料軸線上のひずみの小さい領域（d）がせまくなり、実用上はほとんど無視できるほどになる。しかしながら、工業的な生産性を考慮すればより少ない回数でこのひずみの小さい領域を消滅させることが望ましい。すなわち、解決すべき課題とは材料軸線上のひずみをできるだけ大きくする方法を見いだすことである。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために種々検討した結果、以下のような新しい加工法を開発することができた。

【0015】

その第1の方法は、回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料をプッシャーで押し込み、ダイスを押し出し軸の周りに回転させながら変形させるとともに、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり前方押し出し加工法である。

【0016】

40

第2の方法は、底部を有するコンテナ内に装填された材料を、先端が中空の穴を有するダイス、となっている中空のプッシャーで押し込み、ダイス穴から材料を押し込み方向と逆方向へ押し出すとともに、コンテナを押し出し軸方向および回転方向に固定し、中空プッシャーを押し出し軸の周りに回転させる加工において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり後方押し出し法である。

【0017】

第3の方法は、回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料をプッシャー圧力P1で押し込み、コンテナ内面と同形状で同横断面積の穴を有する回転ダイスを通過させる加工において、ダイスの出側からもプッシャーで材料の進行を妨げない程度の

50

背圧 P 2 をかけるとともに、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり両押し押し出し加工法である。

【 0 0 1 8 】

第 4 の方法は、回転しないように固定されたコンテナ内に装填された材料に押し込み力を及ぼし、コンテナ出口において材料を把持して回転させながら、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工することを特徴とするねじり前方押し出し加工法である。

【 0 0 1 9 】

第 5 の方法は、材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナとダイスの両者を回転しないように架台に固定し、ダイスによる減面加工を行うとともに、ダイスの出側に配置した把持回転装置により出側材料を出側材料の軸心の回りに回転させる加工法において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で押し出し加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法である。

【 0 0 2 0 】

第 6 の方法は、材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナと第 1 のダイスの両者を回転しないように架台に固定し、第 1 のダイスの出口側に第 2 のダイスを付加し、この第 2 のダイスを回転しながら、第 1 のダイスと第 2 のダイスとともに減面加工を行う加工法において、コンテナ内の材料の横断面の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工を行うことを特徴とするねじり前方押し出し加工法である。

【 0 0 2 1 】

第 7 の方法は、材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナとダイスの両者を回転しないように架台に固定し、ダイスの出口側に材料の把持回転装置を配置し、コンテナ内の材料の軸心が、ダイスおよび把持回転装置の軸心と平行であるが一致しないように構成しておき、この把持回転装置を回転させながら、ダイスによる減面押し出し加工を行う方法において、コンテナ内の材料の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で加工を行うことを特徴とする非軸対称ねじり前方押し出し加工法である。

【 0 0 2 2 】

第 8 の方法は、材料をプッシャーでコンテナに押し込み、コンテナと第 1 のダイスの両者を回転しないように架台に固定し、第 1 のダイスの出口側に第 2 のダイスを配置し、コンテナ内の材料の軸心が、第 1 のダイスおよび第 2 のダイスの軸心と平行であるが一致しないように構成しておき、第 2 のダイスを回転しながら、第 1 のダイスと第 2 のダイスとともに減面加工を行う加工法において、コンテナ内の材料の一部を高温にし、一部を低温にして材料の横断面内の温度の分布が不均一である状態で押し出し加工を行うことを特徴とする非軸対称ねじり前方押し出し加工法である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

これらの方法によれば、材料のねじり変形が非軸対称となり、出口側材料の軸心部のひずみが大きくなり、断面積全体にわたって非常に大きいひずみを達成することができる。したがって、通常の圧延、鍛造、押し出しなどの加工方法で得られる加工ひずみを大きく上回る加工ひずみを固体状材料や粉末材料に加えることができ、熱間や冷間で材料内部組織を微細にしたり、高密度にする生産プロセスに有効に適用できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 4 】

上記の方法について、図面に基づいて詳細に説明する。

第 1 の方法では、図 1 に示したように、回転しないように固定されたコンテナ 3 内に装填された高温の材料 1 をプッシャー 4 で押し込み、ダイス 2 を押し出し軸 a の周りに回転

10

20

30

40

50

させながら変形させる際に、コンテナ 3 内の材料の横断面の一部 C を冷却装置 R で冷却し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。図中 P は押し込み力である。

【 0 0 2 5 】

このようにすると、コンテナ 3 とダイス 2 の接触部近傍の破線で囲まれた D 部分におけるねじり変形が非軸対称となり、材料軸上のひずみの小さい領域が消滅する。なお、ダイス入り口部分を図示していない冷却装置により強制的に冷却すればこの部分はねじり変形しにくくなりねじり変形の大部分がより左側に移動し、コンテナ 3 とダイス 2 の接触部における材料の噛み出しを減少させることができる。

【 0 0 2 6 】

室温の材料を加工する場合には、図 4 に示したように、回転しないように固定されたコンテナ 3 内に装填された材料をプッシャー 4 で押し込み、ダイス 2 を押し出し軸 a の周りに回転させながら変形させる際に、コンテナ 3 内の材料の横断面の一部 V を加熱装置 H により加熱し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。

【 0 0 2 7 】

この場合にも、図示していない冷却装置により、ダイス入り口部を強制的に冷却すれば噛みだしを減少させる上で有利である。

【 0 0 2 8 】

また、図 1 のダイス穴は直線形状になっているが、図 2 のようにダイス穴入り口部に R 加工を施してもよい。

【 0 0 2 9 】

第 2 の方法を図 5 に示す。底部 3 - 2 と中空部分 3 - 1 を有するコンテナ 3 内に装填された高温の材料 1 を、先端が中空の穴を有するダイス 2、となっている中空のプッシャー 4 で押し込み、ダイス穴から材料を押し込み方向と逆方向へ押し出すとともに、コンテナ 4 を押し込み軸方向および回転方向に固定し、中空プッシャーを押し込み軸 a の周りに回転させる加工において、コンテナ内の材料の横断面の一部 E を冷却装置 R により冷却し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。

【 0 0 3 0 】

室温の材料の場合には、図 6 のように、底部 3 - 2 と中空部分 3 - 1 を有するコンテナ 3 内に装填された材料 1 を、先端が中空の穴を有するダイス 2、となっている中空のプッシャー 4 で押し込み、ダイス穴から材料を押し込み方向と逆方向へ押し出すとともに、コンテナを押し込み軸方向および回転方向に固定し、中空プッシャー 4 を押し込み軸 a の周りに回転させる加工において、コンテナ内の材料の横断面の一部 F を加熱装置 H により加熱し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。

【 0 0 3 1 】

第 3 の方法を図 7 に示す。コンテナ 3 内に装填された高温の材料 1 をプッシャー圧力 P 1 で押し込み、コンテナ内面と同形状で同横断面積の穴を有するダイス 2 を通過させる前方押し出し法において、ダイス 2 の出側からもプッシャーで材料の進行を妨げない程度の背圧 P 2 をかけるとともに、コンテナ内の材料の横断面の一部 G を冷却装置 R により冷却し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う両押し押し出し加工法である。

【 0 0 3 2 】

室温の材料の場合には、図 8 に示したように、コンテナ 3 内に装填された材料 1 の横断面の一部分 1 を加熱装置 H により加熱し横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。

【 0 0 3 3 】

この場合も、第 1 の方法と同様、ダイス入り口部の材料を冷却すれば噛み出しを減少させることができる。

【 0 0 3 4 】

第 4 の方法は、図 9 に示したように、回転しないように固定されたコンテナ 3 内に装

10

20

30

40

50

填された高温の材料 1 に押し込み力 P_1 を及ぼし、コンテナ出口において把持回転装置 K により材料を回転させながら、コンテナ内の材料の横断面の一部 J を冷却装置 R により冷却し、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工する方法である。

【0035】

図 9 の場合、把持回転装置は無駆動のローラー r により材料を把持し図示していないローラーハウジングを押し出し軸 a の周りに回転させている。無駆動ローラー r は材料を若干圧下し材料が進行するのを妨げプッシャー 4 とこの把持回転装置 K により材料に軸方向の圧縮力 P_2 を及ぼしている。

【0036】

材料に軸方向圧縮力 P_2 を作用させるのは、材料に作用する静水圧を大きくし、材料の延性を高めるためである。このようにすると材料にクラックが発生するのを抑制でき、大きいねじり変形を加えることができる。

【0037】

ただし、本方法のようにローラー式の回転装置を使用する場合には、圧縮力があまりに大きくなりすぎると、コンテナから出た材料がローラーに押し込まれるとき、材料の直径が大きくなりローラーに噛み込みにくくなったり、加工後の材料形状が円形断面から著しくずれた形状になる。

【0038】

図 10 と図 11 は図 9 の把持回転装置 K の A - A 断面図である。図 10 は 2 ローラー式、図 11 は 3 ローラー式である。これらのローラーはローラーの軸 C の周りに材料移動方向に従動して回転すると同時に全体が材料中心軸（押し出し軸）a の周りに強制的に回転させられる。

【0039】

材料が室温の場合には図 13 中に示したように、材料の一部 L を加熱装置 H により加熱するとともに材料の一部 J を冷却装置 R により冷却しながら、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり押し出し加工を行う。

【0040】

図 13 は第 4 の方法における把持回転装置 K の別の機構を示したものである。この回転装置 K はクランプ部 d、バネ部 s およびハウジング h から成り、バネの力により材料を把持したままハウジング全体を強制的に回転させることにより材料 1 - 2 を回転させることができる。

【0041】

この方法においては、バネ s により材料を締め込む力を大きくすることにより、 P_2 をある程度大きくすることができる。また、コンテナ出口と把持回転装置の間の材料部分 X を水冷などの手段で冷却することによりこのことが容易に達成できるようになる。

【0042】

しかし、それでもこの方法の場合、材料の減面が小さいので、押し込み力 P_1 および P_2 はあまり大きくはならない。そのため、コンテナ内の材料全体が把持回転装置とともに回転し、材料にねじれが生じなくなり、所期の目的を達成できなくなる場合がある。

【0043】

これを防止するためには、図 9 中の領域 Y のプッシャーの先端部に図 12 のような凹凸をつけておくとともに、プッシャー 4 が回転しないようにプッシャー 4 を回転方向に固定しておくのがよい。さらに、次に示す第 5 の方法によればこの材料全体の回転をより効果的に防止することができる。

【0044】

第 5 の方法では、図 14 に示したように、高温の材料 1 をプッシャー 4 でコンテナ 3 に押し込み、コンテナ 3 とダイス 2 の両者を回転しないように図示していない架台に固定し、ダイス 2 の出口側に把持回転装置 K を付加し、この把持回転装置 K を回転しながら、ダイス 2 で減面加工を行う際に、コンテナ内の材料の横断面の一部 N を冷却装置 R

10

20

30

40

50

で冷却し、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。

【 0 0 4 5 】

室温の材料の場合には、コンテナ 3 内の材料の一部 U を加熱装置 H により加熱するとともに一部 N を冷却装置 R で冷却し、断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。この第 5 の方法によれば、ダイス 2 により減面を行うため押し込み力 P 1 が大きくなり、コンテナ内の材料の全体的な回転を押さえることができる。

【 0 0 4 6 】

この第 5 の方法の場合にも、ダイス出口と把持回転装置の間の材料部分 X を強制的に冷却すると回転力が増すとともに、ねじれが生じる材料部分 T が左方へ移動する。

【 0 0 4 7 】

第 6 の方法は、第 5 の方法で用いた把持回転装置 K の代わりに第 2 のダイスを用いることにより、より確実に材料を回転させる方法である。

【 0 0 4 8 】

すなわち、図 1 5 に示したように、高温の材料 1 をプッシャー 4 でコンテナ 3 に押し込み、コンテナ 3 と第 1 のダイス 2 - 1 の両者を回転しないように図示していない架台に固定し、第 1 のダイス 2 - 1 の出口側に第 2 のダイス 2 - 2 を付加し、この第 2 のダイス 2 - 2 を回転しながら、第 1 のダイスと第 2 のダイスとともに減面加工を行う際に、コンテナ内の材料の横断面の一部 N を冷却し、あるいは一部 U を加熱するとともに一部 N を冷却しながら、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。

【 0 0 4 9 】

室温の材料の場合には、一部 U を加熱するとともに一部 N を冷却しながら、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。

【 0 0 5 0 】

この第 6 の方法においても、第 2 のダイス内の材料を冷却装置 Q により冷却しておくと、第 2 のダイス 2 - 2 内の材料 1 - 3 を回転する力が増し、材料のねじれが生じる位置 T が左方へ移動するので、第 1 のダイスと第 2 のダイスの接触位置における噛み出しを抑制することができる。

【 0 0 5 1 】

第 7 の方法は、第 5 の方法における非軸対称変形をより助長させる方法に関するものである。

【 0 0 5 2 】

すなわち、図 1 6 に示したように、高温の材料 1 をプッシャー 4 でコンテナ 3 に押し込み、コンテナ 3 とダイス 2 の両者を回転しないように図示していない架台に固定し、ダイス 2 の出口側に把持回転装置を配置し、コンテナ 3 内の材料の軸心 b が、ダイス 2 および把持回転装置 K の軸心 a と平行であるが一致しないように構成しておき、把持回転装置 K を回転させながら、ダイス 2 で減面加工を行う際に、ダイス 2 内の材料の一部 N を冷却することを特徴とする非軸対称ねじり前方押し出し加工法である。

【 0 0 5 3 】

室温の材料の場合には、材料の一部 U を加熱するとともに一部 N を冷却しながら、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。

【 0 0 5 4 】

すなわち、第 7 の方法は、コンテナ内の押し込み軸 b と材料出側の押し出し軸 a が一致していないということ以外は第 5 の方法と同じである。

【 0 0 5 5 】

第 8 の方法は、第 6 の方法における非軸対称変形をより助長させる方法に関するものである。

【 0 0 5 6 】

すなわち、図 1 7 に示したように、高温の材料 1 をプッシャー 4 でコンテナ 3 に押し込み、コンテナ 3 と第 1 のダイス 2 - 1 の両者を回転しないように図示していない架

10

20

30

40

50

台に固定し、第1のダイス2-1の出口側に第2のダイス2-2を配置し、コンテナ3内の材料の軸心bが、第1のダイス2-1および第2のダイス2-2の軸心aと平行であるが一致しないように構成しておき、第2のダイス2-2を回転しながら、第1のダイス2-1と第2のダイス2-2とともに減面加工を行う際に、第1のダイス内の材料の一部Nを冷却することを特徴とする非軸対称ねじり前方押し出し加工法である。

【0057】

室温の材料の場合には、材料の一部Uを加熱するとともに一部Nを冷却しながら、横断面内の温度の分布が不均一である状態でねじり前方押し出し加工を行う。

【0058】

すなわち、第8の方法は、コンテナ内の押し込み軸bと材料出側の押し出し軸aが一致していないということ以外は第6の方法と同じである。

以上で説明した第1～第8の方法においては、コンテナ内に冷却装置や加熱装置を設置して材料温度を横断面内で不均一にする方法について説明した。しかし、オフラインの加熱炉で不均一な温度分布に加熱した素材や、加熱炉から抽出後、冷却装置や加熱装置を用いて不均一な温度分布にした素材を、ねじり押し出し機に挿入して加工することによっても同様の効果が得られる。

このような、不均一温度分布をもつ材料をコンテナに装填する場合には、第1～第3の方法においては、コンテナを回転させ、ダイスを回転させない方法でも同様に材料にねじりを加えることができる。ねじり押し出しの本質は、コンテナとダイスを相対的に回転することにより材料にねじり変形を加えることにあるからである。

【0059】

ところで、上記で説明した第1～第8の方法は材料軸心部のひずみを大きくする方法であるが、軸心部の低ひずみ領域はその範囲が狭いので、用途によっては問題ない場合もある。たとえば、線材として用いる場合などである。また、材料のねじり回数を十分大きくすれば軸心部の低ひずみ領域をほとんど消滅させることもできる。このような場合、上記のように材料温度をあえて非軸対称にコントロールする必要はない。特に、第4～第8の方法において以下のようにする第9～第13の方法は、噛み出しが少なくなるという効果もあり、産業上有効である。

【0060】

すなわち、第4の方法に対応する第9の方法においては、図9を用いて説明すると、コンテナ3内の温度を高温でなおかつほぼ均一にしておいて、コンテナ3の出口側と把持回転装置Kの間の材料部分Xを冷却しながら、第4の方法と同じ押し出し作業を行うのである。

【0061】

第5の方法に対応する第10の方法においては、図14を用いて説明すると、コンテナ3内の温度を高温でなおかつほぼ均一にしておいて、ダイス2の出口側と把持回転装置Kの間の材料部分Xを冷却しながら、第5の方法と同じ押し出し作業を行うのである。

【0062】

第6の方法に対応する第11の方法においては、図15を用いて説明すると、コンテナ3内の温度を高温でなおかつほぼ均一にしておいて、第1のダイス2-1内の出口側を冷却装置Qで冷却しながら、第6の方法と同じ押し出し作業を行うのである。

【0063】

第7の方法に対応する第12の方法においては、図16を用いて説明すると、コンテナ3内の温度を高温でなおかつほぼ均一にしておいて、ダイス2の出口側と把持回転装置Kの間の材料部分Xを冷却しながら、第7の方法と同じ押し出し作業を行うのである。もっとも、この方法はもともと非軸対称変形するので、効果は第7の方法と大差はない。

【0064】

第8の方法に対応する第13の方法においては、図17を用いて説明すると、コンテナ3内の温度を高温でなおかつほぼ均一にしておいて、第1のダイス2-1内の出口側を冷却装置Qで冷却しながら、第8の方法と同じ押し出し作業を行うのである。もっとも、こ

の方法ももともと非軸対称変形するので、効果は第 8 の方法と大差はない。

【実施例】

【0065】

〔実施例 1〕成分が Al : 99.92%、O : 0.03% の純アルミニウムの棒材（直径 20 mm、長さ 60 mm）を使用し、図 18 の装置を用いて、第 1 の方法でダイスを回転する方式のねじり前方押し法を実施した。

【0066】

図 18 のコンテナ 3 は固定されたホルダー 5 により回転しないように支持され、ダイス 2 はホルダー 6 および 7 によりラジアルベアリング 9 およびスラストベアリング 8 - 2 により回転自在に支持されている。なお、8 - 1 のスラストベアリングはコンテナ先端部とダイス 2 の間に生じる回転による摩擦力を軽減するために設けられている。また、ダイス 2 は駆動ベルト 10 を介して駆動モーター M に連結されている。

10

【0067】

高温の材料 1 はコンテナ 3 に装填された後、プッシャー 4 により押し込まれ、ダイス 2 により減面押し加工を受けるが、コンテナ 3 の後端部に設けられた冷却装置 R により冷却される。冷却水は W1 より導入され W2 より排出される。

【0068】

装置 R の印および波線は水路を模式的に表したものである。ダイス 2 は駆動モーター M により回転させられる。

【0069】

20

コンテナ部内径は 20 mm、長さは 100 mm である。ダイスの内面形状は図 19 に示したように 20 mm - 16 mm の直線状テーパになっている。

【0070】

プッシャー速度は毎分 5 mm、ダイス回転数は毎分 40 回である。材料は別に設置されている加熱炉で無酸化雰囲気中で 300 に加熱され、加熱炉から抽出後素早くコンテナに装入された。

【0071】

図示されていない熱電対でコンテナの温度分布を測定し、その分布から推定した材料温度は、1c のあたりの偏熱度が最大で、高温部で 280、低温部で 80 であった。1d 部では、ダイスからの抜熱があるので低温であり、なおかつ偏熱度は小さいと予想している。

30

【0072】

途中止め材を組織観察から、ねじり変形は 1b 付近で最も大きくなっていた。プッシャー先端部に近い 1a 部はコンテナ内面にほぼ固着している状態であり、ねじりは受けていない。また、ダイス内の 1d 部はねじり変形は受けていなかった。1c 部のねじりもあまり大きくなかった。

【0073】

途中止め材の内部組織調査結果によれば、コンテナ内の未変形部 1a の結晶粒直径は平均で 120 μm であったが、ダイス内の変形部 1d の結晶粒の直径は、横断面内で一様であり、通常の光学顕微鏡では明確に観察できないほど微細になっていた。非常に大きいひずみが材料軸心部にも導入された結果であると思われる。

40

【0074】

ビッカース硬度は 1a 部では平均 30 であったが、1d 部では平均で 80 に達していた。また、その分布も横断面内で一様であった。

【0075】

〔実施例 2〕成分が Al : 99.92%、O : 0.03% の純アルミニウムの棒材（直径 20 mm、長さ 80 mm）を使用し、図 20 の装置を用いて、第 8 の方法で非軸対称ねじり前方押し法を実施した。

【0076】

図 20 のコンテナ 3 および第 1 のダイス 2 - 1 は固定されたホルダー 5 により回転し

50

ないように支持され、ダイス 2 - 2 はホルダー 6 および 7 によりラジアルベアリング 9 およびスラストベアリング 8 - 2 により回転自在に支持されている。また、ダイス 2 - 2 は駆動ベルト 10 を介して駆動モーター M に連結されている。

【0077】

室温の材料 1 はコンテナ 3 に装填された後、プッシャー 4 により押し込まれ、ダイス 2 - 1 により減面押し出し加工を受けた後ダイス 2 - 2 によっても減面押し出し加工を受ける。室温の材料 1 は 1 a 部が高周波加熱装置 H により最高温度が約 300 に加熱される。図で下面のみ加熱しているのので上面の温度が低く、約 180 であった。ダイス 2 - 2 には冷却装置が設置されている。

【0078】

コンテナ部内径は 20 mm、長さは 100 mm である。第 1 のダイスの内面形状を図 21 に示した。第 2 のダイスの内面形状を図 22 に示した。押し込み軸 b と押し出し軸 a は平行であるが、4 mm 偏心（オフセット）している。

【0079】

プッシャー速度は毎分 5 mm、ダイス回転数は毎分 40 回である。

【0080】

途中止め材の組織観察から、ねじり変形は高温部 1 a と低温部 1 c の間の 1 b 部で最も大きくなっていた。

【0081】

途中止め材の内部組織調査結果によれば、コンテナ内の未変形部 1 a の結晶粒直径は平均で 100 μm であったが、ダイス内の変形部 1 d の結晶粒の直径は、横断面内で一様であり、通常の光学顕微鏡では明確に観察できないほど微細になっていた。この場合も非常に大きいひずみが材料軸心部にも導入されたものと思われる。

【0082】

ビッカース硬度は 1 a 部では平均 35 であったが、1 d 部では平均で 85 に達していた。また、その分布も横断面内で一様であった。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図 1】高温材料の偏熱ねじり前方押し出し法（ダイス回転方式）の水平断面図

【図 2】ねじり押し出し法の水平断面図

【図 3】材料軸心部の低ひずみ領域の説明図

【0084】

【図 4】室温材料の偏熱ねじり前方押し出し法（ダイス回転方式）の水平断面図

【図 5】高温材料の偏熱ねじり後方押し出し法（プッシャー回転方式）の水平断面図

【図 6】室温材料の偏熱ねじり後方押し出し法（プッシャー回転方式）の水平断面図

【図 7】高温材料の減面しない偏熱ねじり前方押し出し法（ダイス回転方式）の水平断面図

【0085】

【図 8】室温材料の減面しない偏熱ねじり前方押し出し法（ダイス回転方式）の水平断面図

【図 9】コンテナとローラー式把持回転装置による偏熱ねじり押し出し法の水平断面図

【図 10】2 ローラー式把持回転装置

【図 11】3 ローラー式把持回転装置

【0086】

【図 12】プッシャー先端部形状

【図 13】コンテナとクランプ式把持回転装置による偏熱ねじり押し出し法の水平断面図

【図 14】コンテナ、ダイスとローラー式把持回転装置による偏熱ねじり押し出し法の水平断面図

【図 15】コンテナ、第 1 のダイスと第 2 のダイスによる偏熱ねじり押し出し法の水平断面図

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

【図 1 6】偏心コンテナー、ダイスとローラー式把持回転装置による偏熱ねじり押出し法の水平断面図

【図 1 7】偏心コンテナー、第 1 のダイスと第 2 のダイスによる偏熱ねじり押出し法の水平断面図

【図 1 8】実施例 1 のねじり押出し装置

【図 1 9】実施例 1 のダイス溝形状

【 0 0 8 8 】

【図 2 0】実施例 2 のねじり押出し装置

【図 2 1】実施例 2 の第 1 のダイスの溝形状

10

【図 2 2】実施例 2 の第 2 のダイスの溝形状

【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

1 材料

1 - 1 コンテナ側材料

1 - 2 ダイス側材料

2 ダイス

【 0 0 9 0 】

3 コンテナー

4 プッシャー

20

5 コンテナーホルダー

6 ダイスホルダー

【 0 0 9 1 】

7 ダイスホルダー

8 - 1 スラストベアリング

8 - 2 スラストベアリング

9 ラジアルベアリング

【 0 0 9 2 】

1 0 駆動ベルト

1 1 出側プッシャー

30

P 入側プッシャー圧力

P 1 入側プッシャー圧力

【 0 0 9 3 】

P 2 出側から材料を押す力

a 押出し軸

b 押し込み軸

c ローラーの軸

【 0 0 9 4 】

d クランプ部

h ハウジング

40

r ローラー

s スプリング

【 0 0 9 5 】

A 材料部分

B 材料部分

C 材料部分

D 材料部分

【 0 0 9 6 】

E 材料部分

G 材料部分

50

Q 冷却装置

I 材料部分

【 0 0 9 7 】

J 材料部分

L 材料部分

N 材料部分

【 0 0 9 8 】

U 材料部分

V 材料部分

X 材料部分

【 0 0 9 9 】

Y プッシャー先端を含む部分

1 a 材料部分

1 b 材料部分

1 c 材料部分

【 0 1 0 0 】

1 d 材料部分

R 冷却装置

H 加熱装置

【 0 1 0 1 】

K 材料の把持回転装置

W 1 冷却装置に導入される冷却水

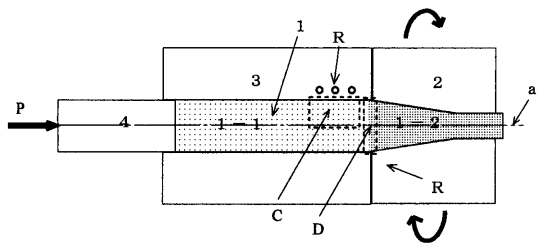
W 2 冷却装置から排出される冷却水

M 駆動モーター

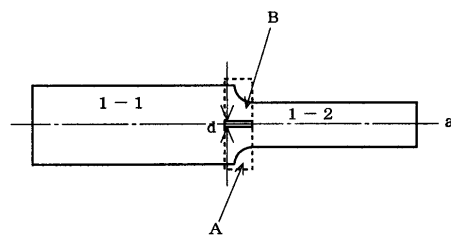
10

20

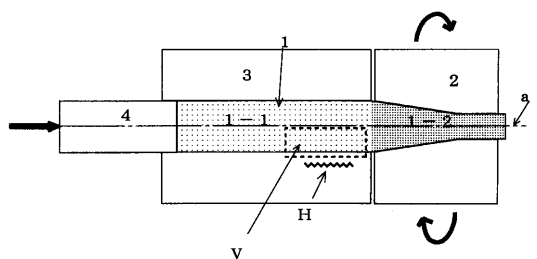
【 図 1 】



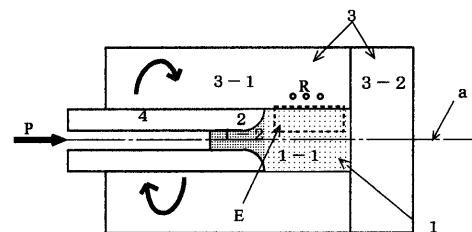
【 図 3 】



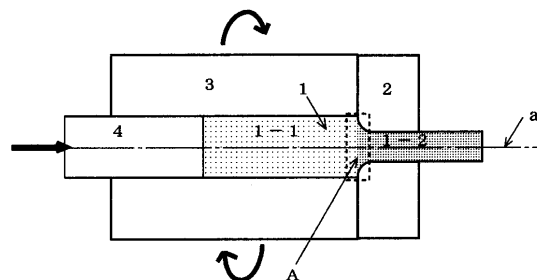
【 図 4 】



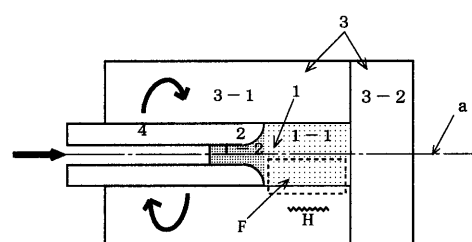
【 図 5 】



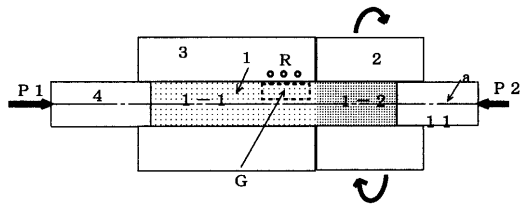
【 図 2 】



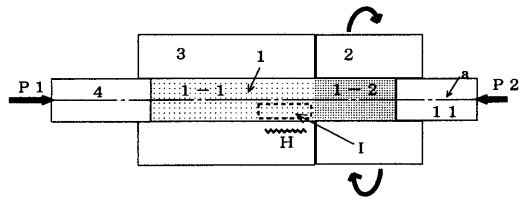
【 図 6 】



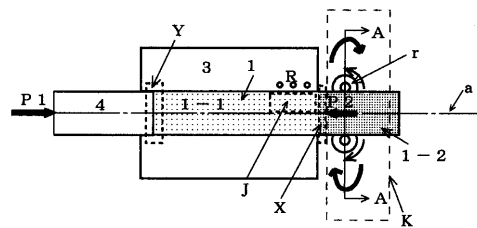
【図 7】



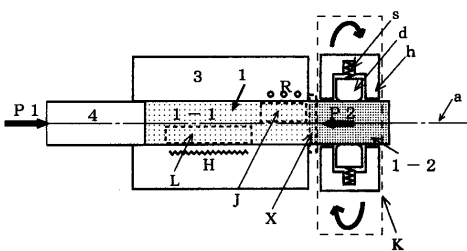
【図 8】



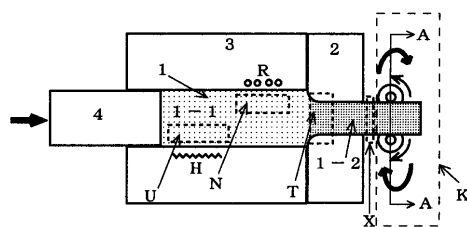
【図 9】



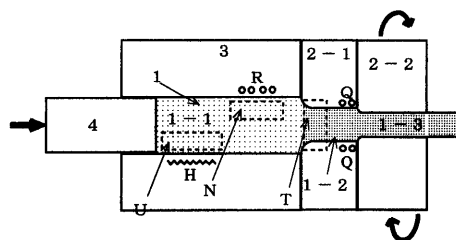
【図 13】



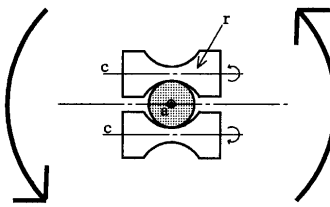
【図 14】



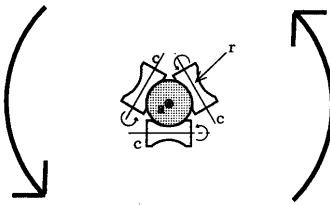
【図 15】



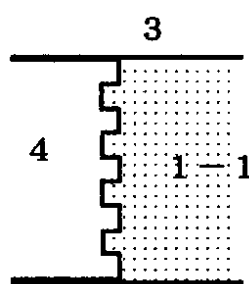
【図 10】



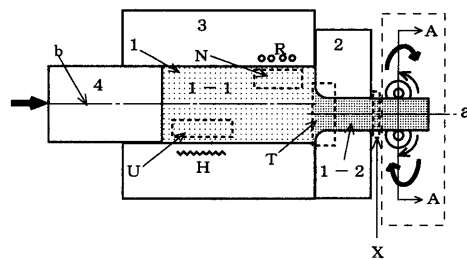
【図 11】



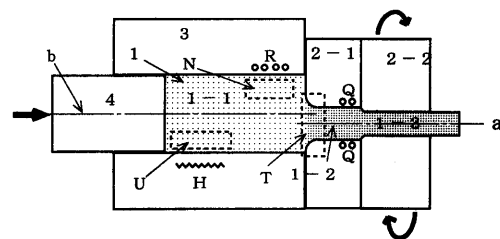
【図 12】



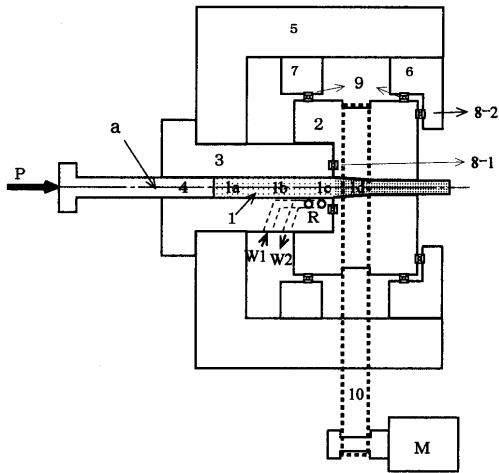
【図 16】



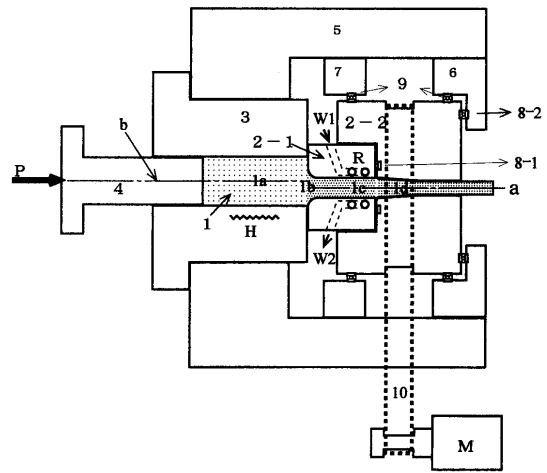
【図 17】



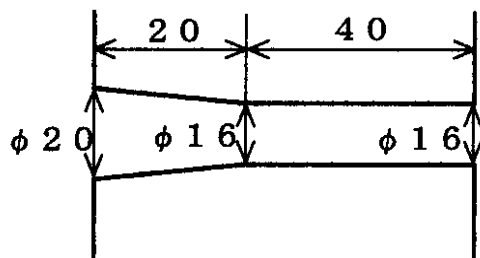
【図 18】



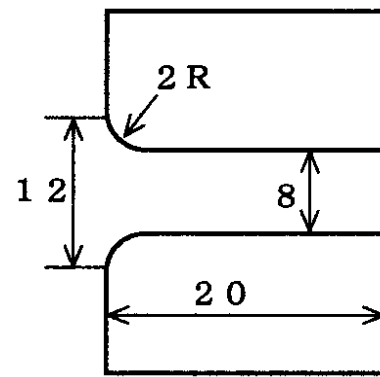
【図 20】



【図 19】



【図 21】



【図 22】

